

## **Emergency Operation Center e protezione da eventi CBRN. Un Web-SDSS per le analisi di supporto alla gestione di incidente ad un reattore nucleare**

Ivano Cassani (\*), Andrea Fiduccia (\*\*), Andrea Malizia (\*\*\*),  
Roberto Mugavero (\*\*\*\*), Anna Maria Quarta (\*\*\*\*\*)

(\*) Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università degli Studi di Roma - Tor Vergata, Via del Politecnico  
1 00133 Roma (Italy); cassani@ing.uniroma2.it

(\*\*) Intergraph Italia LLC, Via Sante Bargellini, 4 00157, Roma; P: +39.06.43588889; Fax: +39 06 43254376  
andrea.fiduccia@intergraph.com

(\*\*\*) Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Università degli Studi di Roma - Tor Vergata, Via del Politecnico  
1 00133 Roma, Tel. Fax. 0039 06 7259 7196; malizia@ing.uniroma2.it

(\*\*\*\*) Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università degli Studi di Roma - Tor Vergata, Via del Politecnico  
1 00133 Roma (Italy) - Tel. Fax. +39 06 7259 7320; mugavero@ing.uniroma2.it

(\*\*\*\*\*) Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Università degli Studi di Roma - Tor Vergata, Via del Politecnico  
1 00133 Roma (Italy); amquarta@hotmail.it

### **Sommario**

La ricerca presentata nel paper ha avuto come obiettivo l'individuazione delle metodologie analitiche e degli strumenti informatici per ottimizzare la risposta ad un evento incidentale in un reattore nucleare. La ricerca è stata condotta utilizzando come "caso di studio" un impianto attualmente operativo in Italia (le cui caratteristiche tecniche ed individuazione territoriale sono omesse per motivi di sensibilità dei dati) con la collaborazione dell'Ente Gestore.

L'evento incidentale è stato simulato con il software Hot Spot. L'utilizzo di tale strumento è stato validato confrontandone gli output con i risultati ottenibili per i medesimi scenari incidentali con il codice SIRENA, unico software certificato da ISPRA per gli incidenti nucleari. Accertata l'attendibilità del modello, si è simulato l'evento incidentale più critico per il reattore in esame prendendo come scenario di riferimento quello indicato nell'ultima revisione del Piano Nazionale delle Misure Protettive contro le Emergenze Radiologiche elaborato dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile. I risultati della simulazione (aree classificate rispetto ai Limiti di Dose Efficace) sono stati, infine, utilizzati come input nell'elaborazione - mediante l'uso del software GIS GeoMedia della Intergraph Corp. - del modello di vulnerabilità territoriale che tiene conto della effettiva distribuzione della popolazione nelle zone interessate dall'evento.

L'integrazione di modelli matematici con software per l'analisi dei dati geografici è alla base degli Spatial Decision Support System. Nel contesto della Gestione delle Emergenze tali strumenti devono essere, a loro volta, integrati con i sistemi dei Centri di Comando e Controllo per la Gestione di Crisi o Emergency Operation Center (EOC) e resi fruibili a tutta la catena decisionale della gestione dell'emergenza includendo le squadre sul campo dotate di terminali palmari.

La ricerca ha, dunque, definito e sperimentato il prototipo di un'architettura di sistema SOA (Service Oriented Architecture) che consente la fruibilità mediante web services OGC delle elaborazioni dell'SDSS all'interno delle piattaforme per EOC Intergraph IPR e I<sup>2</sup>RMS.

## Abstract

The research presented in the paper is aimed to the identification of methodologies and analytical tools to optimize the response to an incidental event in a nuclear reactor. The research was conducted by using as a "case study" an installation currently operating in Italy (whose technical characteristics and location are omitted for security reasons) with the collaboration of the Plant responsible.

The critical event was simulated with the Hot Spot software. The use of this software tool has been validated by comparing the outputs with the results obtained for the same accident scenarios with code SIREN, the only software certified by ISPRA (Italian Environmental Protection Agency) for nuclear accidents. Once established the reliability of the model, we simulated the most critical incidental event to this reactor indicated by the latest revision of the "National Plan of protective measures against radiological emergencies" established by National Department of Civil Protection. The simulation results (areas classified with respect to limits on effective dose) were finally used as input in the development - through the use of GIS software GeoMedia (Intergraph Corp.) - of the vulnerability model that takes into account the spatial distribution the population in the areas affected by the event.

The integration of mathematical models with software for analysis of geographic data is the foundation of Spatial Decision Support Systems.

In the context of Emergency Management such instruments should be integrated with the systems of Command and Control Centers for Crisis Management and Emergency Operation Center (EOC) and made available to the entire chain of emergency management including the field teams with handheld terminals.

Research has, therefore, defined and tested a prototype system using SOA (Service Oriented Architecture) approach that enables the usability of vulnerability layer published as an OGC web services into the Intergraph's SDSS EOC software platforms (IPR and I<sup>2</sup>RMS).

## Il Rischio Nucleare

Il rischio nucleare deriva dalla propagazione di radiazioni ionizzanti nell'aria, emanate da sostanze radioattive o in seguito a esplosioni di centrali o armi nucleari.

L'esposizione alle radiazioni comporta numerosi effetti nocivi sulla vita umana, animale o vegetale: esse alterano le strutture cellulari provocando la morte o lesioni gravissime, possibili malformazioni e tumori nei discendenti.

Contrariamente all'opinione più diffusa, il rischio nucleare in Italia non è scomparso con la chiusura delle centrali nucleari sul territorio nazionale. L'incidente di Chernobyl ha, infatti, messo in evidenza come, in condizioni di diffusione atmosferica sfavorevole, incidenti ad impianti nucleari lontani dal territorio nazionale possano determinare contaminazioni radioattive su lunghe distanze di acqua, aria e suolo.

Dopo l'incidente occorso nel 1986 alla centrale nucleare di Chernobyl e la moratoria sull'impiego del nucleare ad uso pacifico in seguito agli esiti del referendum popolare del 1987, l'Italia ha interrotto l'attività delle proprie centrali nucleari di potenza, costruite a partire dagli anni '60. Attualmente esse sono in fase di chiusura definitiva e smantellamento.

Nonostante ciò, la popolazione italiana continua ad essere soggetta ad un rischio di incidente radiologico o nucleare, a causa della presenza di centri di ricerca che adoperano reattori nucleari (sebbene di potenza assai piccola), di impianti di lavorazione e depositi di materiale radioattivo e nucleare, e della possibilità che in alcuni porti possa attraccare naviglio straniero a propulsione nucleare. Per tutti questi impianti, le prefetture competenti hanno elaborato appositi piani locali di emergenza.

In realtà lo scenario più gravoso riguarda la possibilità che si verifichi un incidente in un impianto nucleare posto in territorio estero, specialmente se l'impianto è ubicato a meno di 200 km dal confine

nazionale. Entro tale distanza sono attive tredici centrali nucleari di potenza, site in Francia (sei), Svizzera (quattro), Germania (due) e Slovenia (una).

Gli eventi nucleari vengono classificati in base alla scala INES o *scala internazionale degli eventi nucleari* (International Nuclear Event Scale). Essa fu introdotta dalla IAEA, l'agenzia internazionale per l'energia atomica (International Atomic Energy Agency) con lo scopo di classificare gli incidenti nucleari e rendere immediatamente percepibile al pubblico, in maniera corretta, la gravità di incidenti di tipo nucleare, senza fare riferimento a dati tecnici di più difficile comprensione.

La scala INES comprende 7 livelli (più un livello 0 al di sotto della scala) ed è divisa in due parti: gli incidenti (dal 7° al 4° livello) e i guasti (dal 3° al 1°).

La parte superiore della scala INES riguarda gli incidenti, ossia tutti gli eventi che producono danni significativi alle persone, all'ambiente o alle cose. Comprende i livelli che vanno dal 7°, che si riferisce a incidenti gravi, disastri nucleari, fino al 4°, per il quale le conseguenze sulle persone sono valutabili in assorbimento di dosi di radiazioni di alcuni millesimi di Sievert (mSv).

La parte inferiore riguarda i guasti, ossia gli eventi che producono danni di poco conto alle persone, all'ambiente o alle cose. Comprende i livelli che vanno dal 3°, eventi per i quali le conseguenze sulle persone sono valutabili in dosi assorbite di radiazioni piuttosto basse (decimi di mSv), fino al 1° livello, che classifica deviazioni dal normale regime di funzionamento di un impianto nucleare, con conseguenze praticamente nulle per la popolazione e l'ambiente. Infine il livello 0 classifica eventi che non hanno alcuna rilevanza ai fini della sicurezza nucleare.

Per rendere percepibile al pubblico in maniera corretta la gravità di incidenti nucleari, la scala proposta presenta un andamento logaritmico piuttosto che lineare. Questo significa che in realtà la differenza di gravità fra due eventi separati ad esempio di 3 livelli, deve essere valutata di un fattore di ordine  $10^3 = 1000$ , piuttosto che un fattore 3.

Per emergenza radioattiva si intende ogni situazione determinata da eventi incidentali che diano, o possano dare luogo, ad una immissione di radioattività nell'ambiente tale da comportare per il gruppo di riferimento della popolazione dosi superiori ai valori stabiliti a norma di Legge.

L'immissione di radionuclidi nell'ecosistema può dipendere dalle più svariate cause e la quantità della contaminazione dipende sostanzialmente dal tempo che il radionuclide impiegherà per dimezzare la sua radioattività.

Le linee guida per la gestione delle tematiche nucleari nel nostro Paese sono delineate in un documento dal titolo "Piano Nazionale delle Misure Protettive contro le Emergenze Radiologiche", elaborato nel 1996 e revisionato in data 1 Marzo 2010, nel quale sono descritti gli scenari e le azioni che devono essere intraprese dai vari organi istituzionali coinvolti.

Il sistema di allertamento individua le autorità competenti e i soggetti responsabili dell'allertamento nelle diverse fasi operative di un'emergenza radiologica. Il suo obiettivo è quello di assicurare il corretto e tempestivo scambio delle informazioni fra i vari soggetti coinvolti nell'attuazione del piano per l'attivazione delle procedure pianificate.

I soggetti interessati sono: Dipartimento della Protezione Civile, ISPRA, Dipartimento dei Vigili del Fuoco (DVF), del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile (SPDC), Regioni, Organismi internazionali (IAEA, UE).

La strategia operativa si basa su quattro punti:

- garantire la pronta ricezione e comunicazione della notizia dell'evento;
- assicurare il tempestivo allertamento di componenti e strutture operative del SNPC;
- mantenere un efficace sistema di scambio di informazioni con gli enti internazionali;
- assicurare il continuo scambio delle informazioni fra le varie reti di rilevamento al fine del monitoraggio della radioattività presente sul territorio nazionale.

Le modalità di comunicazione dell'evento al Dipartimento della Protezione Civile e i flussi di comunicazione tra il DPC e la struttura tecnica centrale, le strutture operative nazionali e le Regioni, sono stati definiti nel Piano Nazionale per le Emergenze Nucleari, sulla base della normativa nazionale e comunitaria, nonché degli accordi internazionali sottoscritti dall'Italia in materia di rischio nucleare (sistemi EMERCON, ECURIE- EURDEP).

E' importante evidenziare che la legge 23 luglio 2009 n. 99 all'articolo 29 ha istituito l'Agenzia per la Sicurezza Nucleare e per effetto dell'articolo 29 della legge citata, fino alla pubblicazione del Regolamento organizzatorio le funzioni trasferite all'Agenzia per la Sicurezza Nucleare continueranno ad essere esercitate dal Dipartimento Nucleare, Rischio Tecnologico e Industriale di ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

### **La pianificazione di emergenza**

La pianificazione di emergenza assume grande importanza allo scopo di ridurre gli effetti negativi derivanti dal verificarsi di un evento calamitoso. A tal fine è fondamentale la corretta individuazione e prefigurazione degli scenari di rischio, sia l'individuazione dei mezzi, umani e strumentali, da impiegare nel corso della fase emergenziale, sia le procedure da avviare nella predetta fase.

Sulla base della quantificazione dei rilasci di radioattività possibili, sono quindi pianificate le azioni da avviare e le contromisure da adottare per minimizzare l'impatto sull'ambiente e sulla salute.

Sulla base degli scenari di rischio viene quindi fatta la pianificazione di emergenza che, a seconda della gravità dell'evento, può essere di livello nazionale, provinciale o comunale. Per quanto attiene alle emergenze nucleari, il D.Lgs. 230/95 stabilisce che il Dipartimento della Protezione Civile predisponga un Piano di Emergenza Nazionale per affrontare le emergenze derivanti da incidenti transfrontalieri. La stessa legge affida ai Prefetti delle Province interessate, l'obbligo della pianificazione d'emergenza per gli incidenti occorsi ad impianti nucleari sul territorio nazionale (Piani di Emergenza Esterna o PEE).

I Piani di Emergenza Interni (o PEI) sono volti a individuare le azioni da compiere, in caso di emergenza, da parte di chi occupa il sito.

Ai fini di una valutazione rapida delle zone di sviluppo degli effetti di un evento incidentale, le linee guida del Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri per la Pianificazione d'Emergenza Esterna per gli impianti a Rischio di Incidente Rilevante stabiliscono tre zone.

1) **Prima Zona "di sicuro impatto"**: immediatamente adiacente allo stabilimento, caratterizzata da effetti comportanti una elevata letalità per le persone. In questa zona l'intervento da pianificare di protezione per la popolazione consiste, in generale, nel rifugio al chiuso. Solo in casi particolari (incidente non in atto, ma potenziale e a sviluppo prevedibile oppure rilascio tossico di durata tale da rendere inefficace il rifugio al chiuso), ove ritenuto opportuno e tecnicamente realizzabile, potrà essere prevista l'evacuazione spontanea o assistita della popolazione. È necessario prevedere un sistema di allarme che avverta la popolazione, con suoni codificati e conosciuti, dell'evento in atto ed effettuare preventivamente una campagna informativa pubblica che illustri con precisione i comportamenti da assumere in emergenza.

2) **Seconda zona "di danno"**: esterna alla prima, caratterizzata da possibili danni, anche gravi ed irreversibili, per le persone che non assumono le corrette misure di autoprotezione e da possibili danni anche letali per persone più vulnerabili come i minori e gli anziani. In tale zona, l'intervento di protezione principale dovrebbe consistere, almeno nel caso di rilascio di sostanze tossiche, nel rifugio al chiuso. Un provvedimento quale l'evacuazione infatti, risulterebbe difficilmente realizzabile, anche in circostanze mediamente favorevoli, a causa della maggiore estensione territoriale. Del resto in tale zona, caratterizzata dal raggiungimento di valori d'impatto (concentrazione, irraggiamento termico) minori, il rifugio al chiuso risulterebbe senz'altro di efficacia ancora maggiore che nella prima zona.

3) **Terza zona “di attenzione”**: caratterizzata dal possibile verificarsi di danni, generalmente non gravi anche per i soggetti particolarmente vulnerabili oppure da reazioni fisiologiche che possono determinare situazioni di turbamento tali da richiedere provvedimenti anche di ordine pubblico. La sua estensione deve essere individuata sulla base delle valutazioni delle autorità locali. In particolare, per un rilascio tossico, in assenza di informazioni, la terza zona può essere convenzionalmente assunta pari al doppio della distanza della seconda zona dal centro di pericolo, laddove non possano essere utilizzate soglie di riferimento reperibili in letteratura. L'estensione di tale zona non dovrebbe comunque risultare inferiore a quella determinata dall'area di inizio di possibile letalità nelle condizioni ambientali e meteorologiche particolarmente avverse (classe di stabilità meteorologica F). Nel caso del rilascio di sostanze tossiche facilmente rilevabili ai sensi, ed in particolare di quelle aventi caratteristiche fortemente irritanti, occorre porre specifica attenzione alle conseguenze che reazioni di panico potrebbero provocare in luoghi particolarmente affollati (stadi, locali di spettacolo, ecc.). Tipicamente in questa zona rimane consigliabile il rifugio al chiuso (eventualmente dovranno essere previsti solamente interventi mirati ai punti di concentrazione di soggetti particolarmente vulnerabili) e azioni di controllo del traffico.

#### **La valutazione degli scenari di incidente: i risultati della sperimentazione**

La prevenzione del rischio passa anche dalla predisposizione dei sistemi migliori per la valutazione del fallout in seguito ad un evento incidentale. In questa ottica è stato proposto l'utilizzo di un nuovo codice per le simulazioni e valutazioni degli scenari incidentali.

Come primo passo è stato validato il codice proposto, Hot Spot, confrontandolo con quello attualmente in uso presso il Sito di Test, il Sistema Sirena, unico attualmente certificato da ISPRA.

Con simulazioni comparative sui due codici si è validato l'utilizzo del nuovo codice, verificando che la risposta di questo ultimo fosse confrontabile (a meno di un errore del 10-15% circa ritenuto accettabile) con il Sistema Sirena.

Una volta attestata la validità di Hot Spot sono stati simulati sia gli scenari di riferimento del PEE vigente per il Sito di Test, sia il nuovo scenario incidentale secondo quanto stabilito dal Nuovo Piano Nazionale delle Misure Protettive contro le Emergenze Radiologiche.

I risultati ottenuti con questa ultima simulazione sono stati poi processati con un sistema GIS, GeoMedia della Intergraph Corp., con il quale è stata effettuata la zonizzazione del rischio territoriale legata al fattore demografico, attingendo a dati fruibili tramite SDI istituzionali, arrivando così ad individuare un modello di vulnerabilità per l'area in questione, che tenga in considerazione la reale distribuzione della popolazione sul territorio.

Un ulteriore passo per assicurare una buona pianificazione dell'emergenza è quello di garantire un aggiornamento dei dati riportati nel PEE. Dall'analisi del Piano di Emergenza Esterno per il Sito di Test, che porta come ultima data di revisione l'anno 2000, si sono riscontrate notevoli differenze.

La differenza più considerevole è legata al dato demografico, per il quale si è riscontrato un aumento della popolazione pari ad una media percentuale del 42,5% nell'area circostante il Sito di Test fino ad una distanza di 5 Km, giustificata dall'aumento del tasso insediativo degli ultimi anni. Inoltre nell'analisi demografica è stato considerato il nuovo scenario ipotizzato, così come dettato dal Nuovo Piano Nazionale delle Misure Protettive contro le Emergenze Radiologiche, e quindi è stata effettuata un'ulteriore analisi demografica fino ad una distanza di 10 km dal centro. Si è poi analizzata la rete infrastrutturale viaria, verificando la corretta individuazione delle strade da utilizzare per le emergenze e proponendone delle nuove.

L'utilizzo di Hot Spot come alternativa al sistema Sirena ha evidenziato numerosi vantaggi quali l'essere il programma “free license”, l'alta fruibilità, la semplicità di utilizzo, la grande varietà di scenari simulabili, la definizione dei risultati a grandi distanze, la grande varietà opzioni per la

definizione dello scenario, la visualizzazione chiara e dettagliata dei risultati, l'aggiornamento dei limiti radioprotezionistici, l'auto-verifica del funzionamento ed, infine, l'integrabilità con i sistemi GIS (gli output di Hot Spot sono dei file .kml).

Dai risultati ottenuti si può affermare che Hot Spot costituisce una valida alternativa al Sistema Sirena.

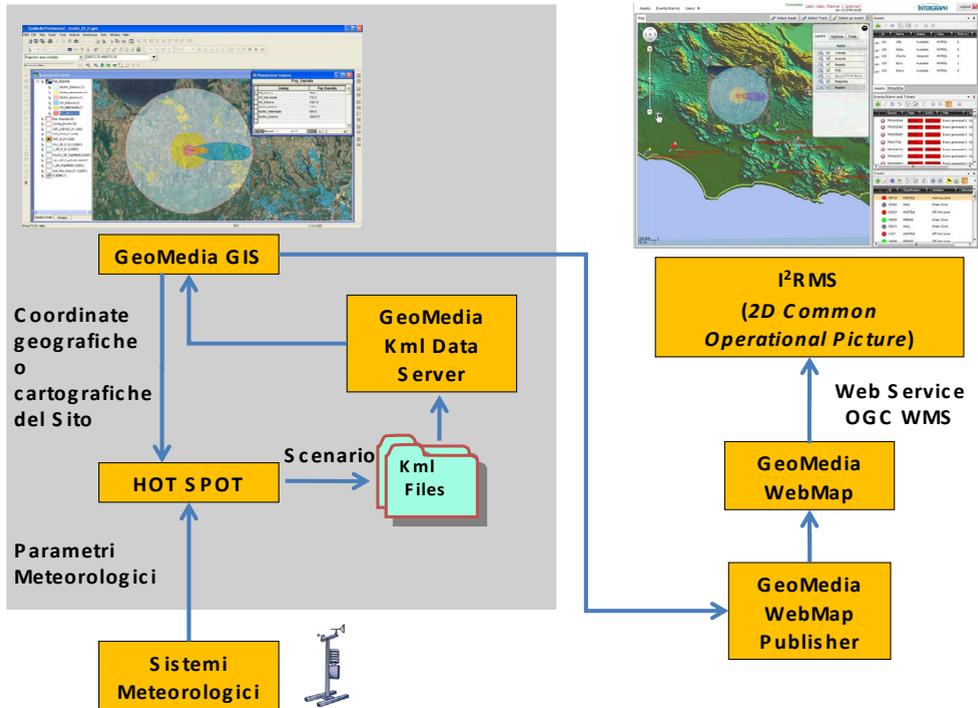


Figura 1 – Architettura di Sistema.

Con riferimento alla Figura 1, osserviamo che, sfruttando la tecnologia delle query dinamiche a cascata (piping) e degli attributi funzionali di GeoMedia, il calcolo della zonizzazione del rischio territoriale è aggiornata near-real time rispetto al calcolo di scenario di Hot Spot in funzione dei variare dei parametri meteorologici. Tale aggiornamento viene a sua volta propagato automaticamente alla Common Operational Picture mediante il meccanismo di pubblicazione del geoworkspace di GeoMedia in web-service OGC WMS mediante GeoMedia WebMap Publisher e GeoMedia WebMap. Con riferimento al rischio nucleare ed all'apparato tecnico ed organizzativo previsto dalle normative, il disporre di una Mappa Collaborativa aggiornata ed altamente interoperabile consentirebbe un incremento di efficienza nel coordinamento "inter-agenzia" delle operazioni tra il Centro di Controllo (previsto dal PEI) e le Sale Situazione del Dipartimento Protezione Civile e degli altri Enti preposti alla gestione dell'emergenza con la possibilità di aumentare la situational awareness anche delle squadre sul campo dotate di terminali palmari.